

ESTIMASI STOK KARBON HUTAN DENGAN MENGGUNAKAN CITRA ALOS AVNIR-2 DI SEBAGIAN KECAMATAN LONG PAHANGAI, KABUPATEN KUTAI BARAT

Annisa Pambudhi
apambudhi51@gmail.com

Sigit Heru Murti B.S.
sigit@geo.ugm.ac.id

Zuharnen
zuharnen@ugm.ac.id

ABSTRACT

Forest Carbon stock could be estimated using remote sensing. This research objective was to estimated carbon stock using ALOS AVNIR-2 satellite imagery. The research method used remote sensing technique. In this method single band and vegetation index were correlated with biomass to know the correlation. Variable with highest correlation was used in equation to calculate the biomass. An estimate of carbon stock was calculated by using the biomass which obtained from the previous equation. The result shows that variable with highest correlation is Transformed Index Vegetation (TVI) with value of r is 0.77 and R^2 is 0.60. Equation to calculated the biomass is $y = 6886076 \log x + 185749$ with total biomass result is 744,810,277.8 kg. Based on biomass, the total estimation of carbon stock result in research area is 340.114.625 kg.

Keyword: biomass, estimation of carbon stock, ALOS AVNIR-2 satellite imagery

ABSTRAK

Estimasi stok karbon hutan dapat diestimasi menggunakan citra penginderaan jauh. Penelitian ini mengestimasi stok karbon hutan menggunakan citra ALOS AVNIR-2. Metode penelitian dilakukan dengan mencari variabel yang memiliki nilai korelasi terbaik dengan biomassa yang diukur di lapangan. Variabel yang digunakan adalah indeks vegetasi dan nilai citra dari masing-masing band tunggal. Variabel dengan nilai korelasi tertinggi digunakan dalam persamaan regresi untuk mengetahui nilai biomassa. Estimasi stok karbon dihitung dengan menggunakan biomassa yang diperoleh dari persamaan sebelumnya. Hasil menunjukkan bahwa variabel yang memiliki nilai korelasi terbesar adalah indeks vegetasi *Transformed Index Vegetation* (TVI) dengan nilai r 0,77 dan R^2 0,60. Persamaan untuk mengetahui nilai biomassa adalah $y = 6886076 \log x + 185749$ dengan hasil biomassa total 744.810.277,8 kg. Berdasarkan nilai biomassa diketahui total estimasi stok karbon pada wilayah kajian adalah 340.114.625 kg.

Kata kunci: biomassa, estimasi stok karbon, citra ALOS AVNIR-2

PENDAHULUAN

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 41 tahun 1999 tentang kehutanan, yang dimaksud dengan hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan. Hutan merupakan salah satu bentuk sumberdaya alam yang memiliki banyak fungsi sekaligus, yaitu sebagai sumber keanekaragaman jenis dan genetik, serta sebagai penyimpan karbon dan stabilator iklim dunia. Dalam ruang lingkup lokal, hutan berfungsi sebagai pemelihara kesuburan tanah, penjamin ketersediaan air bersih, dan sumber penghidupan masyarakat yang ada di sekitar hutan tersebut.

Dari seluruh hutan yang tersebar di dunia, Indonesia memiliki luas hutan sebesar kurang lebih 135 juta hektar. Program REDD merupakan salah satu skema yang memungkinkan negara berkembang untuk menjaga hutannya dan mendapatkan insentif dari hasil penyerapan karbon atau berkurangnya emisi akibat kerusakan hutan. Konsep REDD mewajibkan negara yang mendapatkan dana menjaga hutannya dari deforestasi dan degradasi agar dapat menyerap karbon (*carbon sink*) dan menahan karbon (*carbon stock*) yang dihasilkan dari pola produksi dan konsumsi di tempat lain di dunia. Namun insentif akan diberikan berdasarkan hitungan seberapa banyak karbon yang dapat ditahan oleh hutan yang ada di suatu daerah, sehingga diperlukan perhitungan untuk mengetahui stok

karbon tersebut. Perhitungan untuk mengetahui stok karbon yang dilakukan secara langsung di lapangan sangat sukar untuk dilakukan, mengingat luasnya daerah yang harus dihitung sehingga memakan banyak biaya, waktu, dan tenaga.

Terlepas dari konsep REDD dan permasalahannya, perhitungan seberapa besar suatu hutan dapat menyimpan karbon (*carbon stock*) sangat diperlukan untuk mengetahui besaran karbon yang dapat ditampung oleh suatu luasan hutan. Hal ini penting mengingat salah satu peranan utama hutan sebagai penyerap karbon dunia. Teknik penginderaan jauh digunakan sebagai salah satu metode estimasi karena lebih unggul dalam segi biaya dan waktu pengukuran, serta dapat diterapkan untuk area hutan yang luas dan memiliki banyak variasi bentukan fisik. Hingga saat ini, stok karbon diestimasi dari biomasnya dengan mengikuti aturan 45% biomassa adalah karbon (Brown, 1997). Meskipun metode ini cukup akurat untuk wilayah yang kecil pada lokasi tertentu, tetapi menjadi tidak praktis jika diterapkan untuk wilayah yang luas karena memerlukan waktu yang lama dan mahal. Hal ini menyebabkan data mengenai stok karbon amat jarang tersedia untuk hutan di Indonesia.

Hutan hujan tropis merupakan termasuk jenis hutan yang mampu menyerap banyak karbon dikarenakan keberagaman jenis dan kerapatan vegetasinya. Perbedaan jenis hutan seringkali berpengaruh terhadap nilai korelasi yang diperoleh antara karakteristik spektral obyek dengan stok karbonnya. Dengan demikian, diperlukan

lebih banyak lagi penelitian untuk pengaplikasian data penginderaan jauh untuk menentukan stok karbon dari suatu luasan hutan dengan berbagai macam variasi sehingga hasil estimasi stok karbon dapat semakin akurat.

METODE PENELITIAN

Alat

1. Seperangkat komputer untuk pengolahan data dan penulisan laporan
2. Software ENVI 4.5, Arc GIS 9.3, SPSS 17, Microsoft Office untuk pengolahan dan analisis data
3. Peralatan lapangan meliputi:
 - GPS (*Global Positioning System*)
 - Pita ukur
 - Kamera digital
 - Alat tulis
 - Lembar pengisian data vegetasi

Bahan

1. Citra ALOS AVNIR-2 wilayah penelitian dengan scene ID ALOS AV2 A D0993580 0 1B2 perekaman tanggal 24 September 2009
2. Peta RBI lembar 1716-54 (Batuayan) dan lembar 1716-53 (Longpahangai) skala 1:50.000

Tahap Pengolahan Data

a. Koreksi geometrik dan radiometrik citra

Proses koreksi geometrik dilakukan dengan metode *image to map* dengan peta RBI sebagai dasar registrasi citra. Daerah penelitian merupakan daerah dengan topografi yang berbukit hingga bergunung sehingga orde yang digunakan adalah orde

3. Koreksi radiometrik yang dilakukan berupa penghilangan nilai bias dengan memperhatikan histogram citra, sehingga mengikuti prinsip koreksi dimana nilai minimal piksel dari tiap band adalah 0 dan nilai maksimal 255.

b. Klasifikasi penggunaan lahan

Klasifikasi dilakukan dengan metode interpretasi visual dikarenakan metode dinilai lebih baik untuk mengamati batas antara hutan dan non-hutan dengan jelas. Luasan penutup lahan non-hutan hanya sedikit dan mengelompok, sehingga mudah untuk dibedakan. Komposit yang digunakan dalam proses interpretasi adalah komposit 432, yaitu komposit warna semu yang menonjolkan kenampakan obyek vegetasi.

c. Pemotongan citra

Proses ini bertujuan untuk memotong citra sesuai dengan batasan wilayah kajian penelitian sehingga analisis dapat lebih difokuskan pada wilayah tersebut. Hal ini hanya digunakan apabila pengolahan dan analisis citra tidak memerlukan kontribusi atau pengaruh dari wilayah sekitarnya yang berada di luar wilayah penelitian.

d. Transformasi indeks vegetasi

Penelitian ini menggunakan 4 macam indeks vegetasi untuk dicari besar korelasinya dengan hasil pengukuran biomassa di lapangan, yaitu *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Ratio Vegetation Index* (RVI), *Transformed Vegetation Index* (TVI), dan *Different Vegetation Index* (DVI).

e. Tahap penentuan sampel

Sampel ditentukan berdasarkan persebaran nilai NDVI. Nilai tersebut dikelaskan menjadi 5 kelas berdasarkan histogramnya. Masing-masing kelas memiliki sampel sesuai dengan persentase luasan daerahnya. Semakin kecil daerah pada kelas tersebut, maka semakin sedikit jumlah sampelnya, sebaliknya semakin besar daerahnya maka jumlah sampel akan semakin banyak. Sampel di lapangan berupa plot pengukuran berukuran 20 x 125 meter, sementara sampel di citra mengikuti luasan sampel di lapangan yaitu 3 x 14 piksel. Adapun total sampel yang diambil berjumlah 40 sampel.

f. Tahap kerja lapangan

Data pohon yang diambil di lapangan meliputi diameter, jenis pohon, dan jumlah pohon dalam setiap plot pengukuran. Diameter yang digunakan adalah DBH (diameter breast high) atau diameter setinggi dada. Untuk menyamakan perhitungan, maka DBH yang digunakan adalah 1,3 meter, sehingga perhitungan keliling pohon dilakukan pada ketinggian 1,3 meter dari tanah. Selanjutnya berdasarkan nilai keliling tersebut akan diperoleh diameternya.

g. Perhitungan biomassa

Biomassa dihitung dengan menggunakan data lapangan dan persamaan allometrik. Perhitungan biomassa hanya dilakukan untuk biomassa di atas tanah. Persamaan allometrik yang digunakan dalam penelitian ini merupakan persamaan yang dikhususkan untuk jenis hutan tropis heterogen yang berkembang di

dataran rendah, disesuaikan dengan karakteristik daerah penelitian (Basuki, 2009).

$$\ln(\text{TAGB}) = c + \alpha \ln(\text{DBH}) \dots\dots (1)$$

TAGB = biomassa atas permukaan

c = koefisien bernilai -1,201

α = koefisien bernilai 2,196

DBH = diameter batang

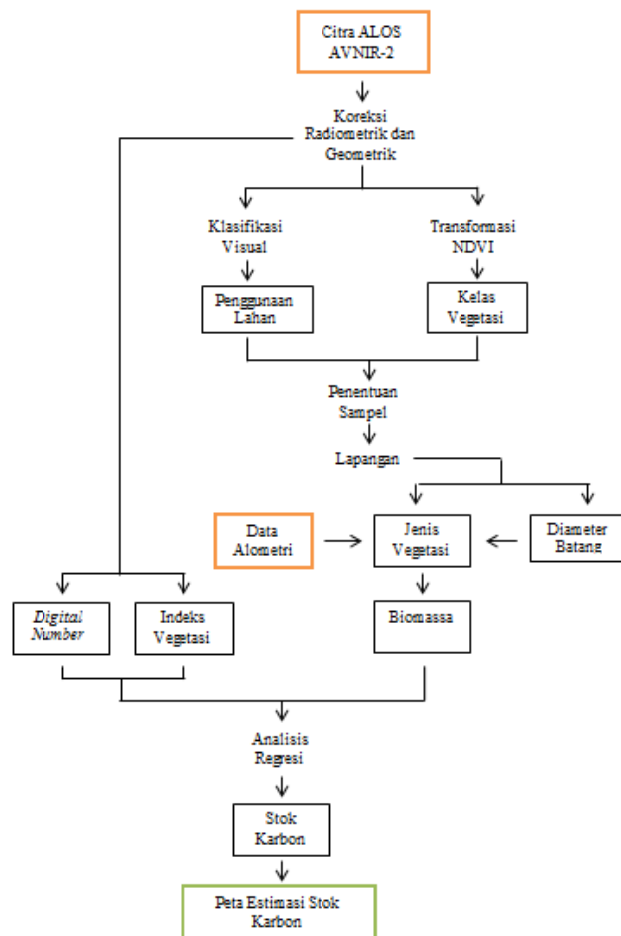
h. Analisis statistik

Analisis korelasi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara dua variabel. Kedua variabel tersebut adalah data penginderaan jauh sebagai variabel bebas dan data biomassa sebagai variabel terikat. Dari analisis korelasi akan diperoleh variabel yang memiliki nilai korelasi paling tinggi, yang diasumsikan merupakan variabel yang memiliki kekuatan hubungan paling tinggi dengan nilai biomassa. Variabel ini akan digunakan dalam penyusunan persamaan regresi untuk mengestimasi nilai stok karbon

Analisis regresi digunakan untuk memperkirakan nilai biomassa berdasarkan nilai variabel terpilih. Jenis regresi yang digunakan adalah regresi logaritma karena nilai citra maupun nilai biomassa memiliki batas nilai akhir. Nilai biomassa kemudian dikonversikan menjadi satuan kg/10000 m² atau menjadi kg/ha. Nilai stok karbon diperoleh dengan mengalikan nilai biomassa dengan faktor pengali 0,45.

i. Analisis hasil

Pada bagian ini dibahas mengenai hasil analisis estimasi stok karbon menggunakan citra ALOS AVNIR-2 pada daerah penelitian.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian berupa peta estimasi stok karbon hutan dalam skala 1:100.000.

Analisis Korelasi

Hubungan dinyatakan dalam koefisien korelasi (r) dan koefisien determinasi (R^2), dengan arah hubungan yang dapat berupa positif dan negatif.

Tabel 1. Perbandingan Nilai Koefisien Korelasi Terhadap Biomassa

| Variabel | r | R^2 |
|-------------|-----------------|---------------|
| Red | 0.148997 | 0.0222 |
| Green | 0.114455 | 0.0131 |
| Blue | 0.033166 | 0.0011 |
| IR | 0.614329 | 0.3774 |
| NDVI | 0.718958 | 0.5169 |
| RVI | 0.713723 | 0.5094 |
| TVI | 0.770389 | 0.5935 |
| DVI | 0.686294 | 0.471 |

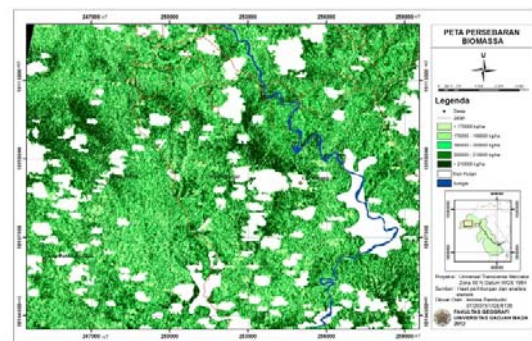
Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa variabel indeks vegetasi yang memiliki korelasi tinggi dengan biomassa, sementara variabel band tunggal memiliki korelasi rendah. Jensen (2005), menjelaskan bahwa indeks vegetasi dapat digunakan untuk pengukuran parameter biofisik seperti biomassa, klorofil, LAI (Leaf Area Index), dan lain-lain. Biomassa merupakan salah satu aspek yang dapat dilihat dari kerapatan vegetasi. Semakin rapat suatu vegetasi, maka diasumsikan biomassa juga akan semakin besar.

Berdasarkan hasil analisis statistik, koefisien korelasi yang paling tinggi dimiliki oleh TVI. Indeks ini merupakan pengembangan dari NDVI yang dikembangkan untuk menghindari nilai negatif yang muncul pada NDVI. Salah satu dampak penghilangan angka negatif ini adalah dapat menstabilkan variasi data NDVI sehingga dapat memperbaiki data saat dilakukan analisis statistik. Penghilangan angka negatif berdampak jelas saat dilakukan analisis statistik terhadap biomassa, dimana koefisien korelasi TVI menjadi lebih tinggi daripada NDVI dan indeks vegetasi lainnya.

Secara keseluruhan nilai korelasi untuk band tunggal termasuk rendah, kecuali untuk band inframerah dekat. Berbeda dengan indeks vegetasi yang dapat menonjolkan aspek vegetasi dan biofisik tertentu, band tunggal menampilkan pantulan dari seluruh obyek tanpa ada yang ditonjolkan. Obyek vegetasi memiliki nilai pantulan yang tinggi terhadap band inframerah, hal ini dipengaruhi oleh struktur daun yang ada pada vegetasi tersebut.

Analisis Regresi

Berdasarkan analisis korelasi, diketahui bahwa TVI merupakan variabel yang memiliki nilai koefisien korelasi paling tinggi dengan biomassa. Nilai ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk menduga kandungan stok karbon dengan menggunakan persamaan regresi. Berdasarkan hasil perhitungan statistik diperoleh persamaan regresi sebagai berikut $y = 6886076 \log x + 185749$. Dari perhitungan menggunakan rumus tersebut dapat diketahui bahwa total besar biomassa pada seluruh wilayah penelitian adalah 642.436.736,13 kg (Gambar 2). Biomassa dinyatakan dalam satuan berat/luasan, dimana dalam perhitungan ini biomassa dinyatakan dalam satuan kg/luas plot. Menurut Adinugroho (2006), tanaman kecil dan semak pada hutan hujan tropis memiliki biomassa sejumlah sekitar 15% dari jumlah total biomassa atas permukaan, sehingga nilai biomassa total yang terdapat pada daerah penelitian adalah 744.810.277,8 kg.

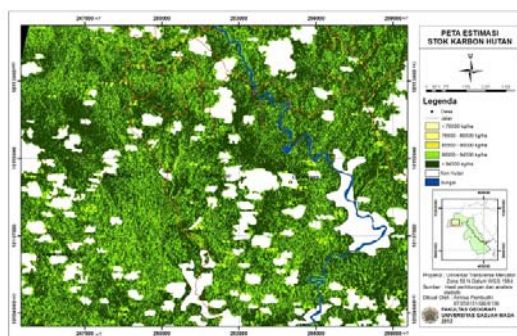


Gambar 2. Peta persebaran biomassa

Estimasi Stok Karbon

Pada dasarnya, besaran stok karbon tidak dapat diketahui dengan pasti. Stok karbon dapat diduga dengan

menggunakan asumsi bahwa setengah dari biomassa adalah kandungan karbon, dikarenakan vegetasi dapat menyimpan karbon setengah dari biomassa total vegetasi tersebut. Adapun faktor konversi yang digunakan adalah 0,45 (Brown dan Gaston, 1996), sehingga untuk mengetahui besar stok karbon, perhitungan dilakukan dengan mengalikan biomassa dengan faktor konversi. Dari perhitungan ini diperoleh nilai total estimasi stok karbon sebesar 340.114.625 kg pada penggunaan lahan hutan di daerah penelitian (Gambar 3; Tabel 3).



Gambar 3. Peta Estimasi Stok Karbon Hutan

Berdasarkan hasil estimasi stok karbon menggunakan persamaan yang telah dibuat, dapat dilihat bahwa rentang nilai antara stok karbon terendah dan stok karbon tertinggi cukup besar, namun persebarannya nilai stok karbon tidak terlalu menyebar. Nilai TVI yang menjadi salah satu variabel dalam persamaan regresi untuk menduga stok karbon juga memiliki variasi nilai yang kecil. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai stok karbon tidak terlalu banyak memiliki variasi, dikarenakan penggunaan lahan dan kondisi daerah

yang homogen serta persebaran nilai citra yang tidak terlalu bervariasi.

Tabel 2. Perbandingan Nilai Estimasi Stok Karbon dengan Luasnya

| Kelas | Estimasi Stok Karbon (kg/ha) | Luas Area (ha) |
|-------|------------------------------|----------------|
| 1 | < 76500 | 524 |
| 2 | 76500 – 85500 | 784,4 |
| 3 | 85500 – 90000 | 996,2 |
| 4 | 90000 – 94500 | 5507,6 |
| 5 | > 94500 | 10457,9 |

Kerapatan yang tinggi di lapangan tidak selalu memiliki stok karbon yang lebih besar dibandingkan dengan kerapatan rendah. Jumlah stok karbon ditentukan oleh biomassa, yang dapat diamati dari ukuran pohon yang ada di lapangan, sehingga apabila suatu plot pengamatan memiliki jumlah pohon yang sedikit namun pohon dalam plot tersebut berukuran besar maka biomassa yang terdapat pada plot tersebut juga besar. Hal ini mempengaruhi jumlah karbon yang dapat diserap sehingga juga ikut bertambah besar.

KESIMPULAN

1. Citra ALOS AVNIR-2 dapat digunakan untuk mengestimasi stok karbon yang terdapat pada hutan dengan menggunakan pendekatan indeks vegetasi dengan hasil yang baik. Hal ini disebabkan oleh hubungan korelasi indeks vegetasi dengan biomassa cukup kuat. Sementara untuk penggunaan band tunggal ALOS AVNIR-2 sebagai dasar estimasi stok karbon tidak disarankan karena memiliki korelasi yang lemah dengan biomassa.

2. Persamaan biomassa disusun menggunakan variabel TVI dan

biomassa dengan persamaan sebagai berikut $y = 6886076 \log x + 185749$ menghasilkan biomassa total 744.810.277,8 kg. Berdasarkan nilai biomassa tersebut diperoleh estimasi stok karbon hutan di daerah penelitian sebesar 340.114.625 kg.

3. Kesamaan kondisi fisik daerah dan penggunaan lahan mempengaruhi persebaran nilai indeks vegetasi yang digunakan dalam persamaan. Daerah dengan kondisi fisik dan penggunaan lahan yang homogen menyebabkan variasi nilai indeks vegetasi yang tidak berbeda jauh sehingga mempengaruhi persebaran nilai estimasi stok karbon menjadi tidak terlalu beragam.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugroho, Wahyu Catur, Ismed Syahbani, Mardi T. Rengku, Zainal Arifin, Mukhaidil, 2006, Teknik Estimasi Kandungan Karbon Hutan Sekunder Bekas Kebakaran di PT. Inhutani, Batu Ampar, Kaltim, *Laporan Hasil Penelitian*, Samarinda.
- Basuki, T.M., P.E. van Laake, A.K. Skidmore, Y.A. Hussin, 2009, Allometric Equations For Estimating The Above-Ground in Tropical Lowland Dipterocarp Forests, *Forest Ecology and Management, FORECO-11749*.
- Brown, S., G. Gaston., 1996, Estimated of Biomass Density for Tropical Forest, *Biomass Burning and Global Change*, Volume 1: 133-139.
- Foody, Giles M., Doreen S. Boyd, Mark E.J. Cutler, 2002, Predictive Relations of Tropical Forest Biomass From Landsat TM Data and Their Transferability Between Regions, *Remote Sensing of Enviroment*, Volume 85: 463-474.
- Howard, John A, 1996, *Remote Sensing of Forest Resources: Theory and Application*, (Diterjemahkan oleh Hartono, Dulbahri, Suharyadi, Danoedoro, dan Jatmiko). Chapman & Hall, London.
- Jensen, J.R, 1996, *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, 3rd edition*, Prentice Hall, Inc. London.
- Lillesand, T.M. and R.W. Kieffer, 2004, *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra, Cetakan Ketiga*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Murdiyarso, Daniel, 2004, *Panduan Pendugaan Cadangan Karbon*, Wetlands International, Bogor.
- Sutaryo, Dandun, 2009, *Penghitungan Biomassa : Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon*, Wetlands International, Bogor.